

# **Uudet menetelmät kariesvaurioiden havainnoinnissa ja arvioinnissa**

Niina Mäki

Hammaslääketieteen kandidaatti

Hammaslääketieteen laitos

Helsinki 18.4.2019

Tutkielma

niina.maki@helsinki.fi

Ohjaajat: HLT, EHL Anja Kotiranta

HLT, EHL Marja Ekholm

HELSINGIN YLIOPISTO

Lääketieteellinen tiedekunta

# HELSINGIN YLIOPISTO - HELSINGFORS UNIVERSITET

Tiedekunta/Osasto - Fakultet/Sektion – Faculty		Laitos - Institution – Department	
Lääketieteellinen tiedekunta		Hammaslääketieteen laitos	
Tekijä - Författare – Author			
Niina Mäki			
Työn nimi - Arbetets titel – Title			
Uudet menetelmät kariesvaurioiden havainnoinnissa ja arvioinnissa			
Oppiaine - Läroämne – Subject			
Kovakudos- ja infektiosairaudet			
Työn laji - Arbetets art – Level	Aika - Datum – Month and year	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages	
Tutkielma	18.4.2019	30	
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
<p>Tutkielman tarkoituksena oli tuottaa kirjallisuuskatsaus karieksen diagnostiikassa käytettävistä optisista karieksen havainnointimenetelmistä. Tutkielmassa käsitellään aluksi karieksen havainnointia visuaalisesti ja röntgentutkimuksin ja lopuksi perehdytään karieksen optisiin havainnointimenetelmiin. Aineisto kerättiin PubMed -tietokannasta. Hakusanoina käytettiin: VistaCam, DIAGNOcam, NILT, fluorescence and caries, DIAGNOdent, occlusal caries detection ja approximal caries detection.</p> <p>Optisia karieksen havainnointimenetelmiä ovat esimerkiksi DIAGNOcam (DC) ja VistaCam (VC). Optiset karieksen havainnointimenetelmät ovat ei-ionisoivia kuvausmenetelmiä, joissa laite tuottaa valon eri aallonpituuksia. DC-kamera tuottaa röntgenkuvien kaltaisia mustavalkoisia kuvia. DC:ssa aallonpituudeltaan 780 nm valoa johdetaan valokuitua pitkin pehmytkudoksen läpi ja sieltä hampaan kruunua pitkin okklusaalipintaa vasten olevaan sensoriin. Sensori rekisteröi hampaan läpäisseen valon ja tuottaa digitaalisen kuvan. VC-kameran toiminta perustuu fluoresenssiin. VC-laite tuottaa valoa kahdesta LED-valonlähteestä, joiden aallonpituus on 405 nm. Laitteen kamera rekisteröi fluoresenssin ja tuottaa digitaalisen kuvan, missä rakenteet näkyvät eri värein ja numeerisina arvoina 0-4.</p> <p>Kirjallisuuden perusteella DC ja VC ovat hyviä apuvälineitä visuaalisen havainnoinnin ja röntgentutkimuksien lisäksi, mutta eivät kuitenkaan ensisijaisia menetelmiä. Ensisijaisia kariesdiagnostiikan menetelmiä ovat visuaalinen havainnointi ja röntgentutkimus. DC-kuvia verrattiin useissa tutkimuksissa bitewing-kuviin ja DC-laitteen havainnointikyky kariesvaurioissa oli yhtä hyvä tai parempi kuin bitewing-kuvissa. VC-laitteesta oli vähemmän tutkimuksia kuin DC-laitteesta, mutta ne osoittivat VC:n olevan hyvä apuväline okklusaalipinnan kariesvaurioiden havainnoimisessa. Ei-invasiivisena, ionisoivaa säteilyä lähettämättömänä DC- ja VC tutkimus voitaisiin toistaa usein ja tutkimus voitaisiin tehdä myös suuhygienistin toimesta.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Caries detection; near-infrared light transillumination; fluorescence; proximal caries; occlusal caries			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
E-thesis			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

# Sisällysluettelo

1 Johdanto .....	1
2 Aineisto ja menetelmät.....	2
3 Karieksen havainnointi visuaalisesti .....	2
3.1 Okklusaalinen kariesvaurio .....	2
3.2 Approksimaalinen kariesvaurio.....	3
3.3 Vapaan pinnan kariesvaurio .....	4
3.4 ICDAS-luokitusjärjestelmä .....	4
4 Hampaiston röntgentutkimus .....	5
5 Optiset karieksen havainnointimenetelmät .....	7
5.1 Kuituvalo .....	7
5.2 Fluoresenssi .....	8
5.2.1 VistaCam .....	8
5.2.2 VistaCam In vitro-tutkimukset .....	10
5.2.3 Laserfluoresenssi .....	11
5.3 NILT –tekniikka .....	12
5.3.1 Approksimaaliset kariesvauriot DIAGNOcamilla.....	14
5.3.2 Okklusaaliset kariesvauriot DIAGNOcamilla .....	16
5.3.3 Sekundaarikarieksen havainnointi DIAGNOcamilla .....	17
5.3.4 Toistettavuus DIAGNOcamilla .....	17
5.3.5 Vistacam iX Proxi (VC2) -vaihtopää .....	17
6 Yhteenveto ja pohdinta .....	19
Lähdeluettelo.....	23

## 1 Johdanto

Kariesvaurioiden diagnostiikka perustuu hampaan pinnan havainnoinnointiin. Ensin arvioidaan hampaan pinnan mahdolliset muutokset kuten opaakkisuus. Tämän jälkeen arvioidaan kariesvaurion syvyys eli onko kariesvaurio kiilteessä vai onko se edennyt jo dentiiniin. Hampaan pinnalta arvioidaan myös mahdollinen kiilten kavitaatio. Kariesvaurion aktiivisuus arvioidaan kiilteen pinnan tarkastelulla. Kiiltävä ja plakiton hampaan pinta kertoo inaktiivisesta kariesvauriosta. Hampaiden kliinisessä tutkimuksessa käytetään visuaalisen havainnoinnin apuna kuvantavia ja ei-kuvantavia menetelmiä. Ensisijaisin ja tärkein menetelmä tutkimuksien mukaan on visuaalinen havainnointi. (1) Tämän tehostamiseksi voidaan apuna käyttää kuituvaloa (FOTI) ja tunnustelua ientaskumittarilla kuivilta hampaan pinnoilta (2). Kuvantaviin menetelmiin kuuluvat röntgenkuvaus, joita ovat mm bitewing- ja periapikaaliröntgenkuvaus. Radiologinen tutkimus havaitsee hyvin approksimaalikariesvauriot, koska visuaalinen näkyvyys on heikko näille pinnoille. Kuitenkin radiologinen tutkimus usein aliarvioi approksimaalisen kariesvaurion syvyyden ja havaitsee heikosti eriasteisia kiillekariesvaurioita. (3) Kuvantavat menetelmät tuottavat röntgensäteilyä, joten tämä tulee ottaa huomioon kuvattaessa potilasta (4).

Ei-kuvantava menetelmä on esimerkiksi laserfluoresenssiin perustuva DIAGNOdent. VistaCam ja DIAGNOcam ovat myöskin kariesvaurioiden havainnointiin tarkoitettuja ei-kuvantavia laitteita, joiden toiminta perustuu valon johtumiseen hampaan läpi. Molemmat laitteet tuottavat digitaalisen kuvan, jonka voi tallentaa tietokoneelle seurantaan ja myöhempää tarkastelua varten. Ei-kuvantavat laitteet eivät tuota röntgensäteilyä toisin kuin kuvantavat menetelmät ja eivät siten aiheuta säteilyhaittaa potilaalle. (2)

Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdytään okklusaali- ja approksimaalikarieksien havainnointiin erityisesti VistaCamin ja DIAGNOcamin osalta. Lisäksi käydään läpi karieksen visuaalista havainnointia, hampaiston röntgentutkimusta sekä muita optisia karieksen havainnointimenetelmiä.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Aineisto kerättiin PubMed tietokannasta. Hakusanoina käytettiin: VistaCam, DIAGNOcam, NILT, fluorescence and caries, DIAGNOdent, occlusal caries detection, approximal caries detection.

## 3 Kariesksen havainnointi visuaalisesti

### 3.1 Okklusaalinen kariesvaurio

Molaarien okklusaalipinnat ovat erityisen alttiita karioitumiselle hampaan puhkeamisen aikaan. Molaarit puhkeavat suuhun noin 12–18 kuukauden ajan ja tutkimukset ovat osoittaneet, että 8-15 vuotiailla okklusaaliset kariesvauriot ovat yleisimpiä. Molaarit keräävät plakkia okklusaalipinnan fissuuroihin ja uurteisiin, eikä hammasharja pääse näille alueille puhdistamaan plakkia täysin. (5)

Okklusaalisen kariesvaurion havainnoinnin perusedellytyksiä ovat hampaan kuivaaminen ja ientaskumittarilla kokeilu. Jos hampaalla on runsaasti plakkia, se on syytä poistaa ennen tutkimusta esimerkiksi pastapuhdistuksella. Kuivatulta hammaspinnalta pystytään havainnoimaan hampaan pinnan muutokset, kuten kiilteen opaakkisuus, mattamaisuus ja karheus, paremmin kuin kostealta pinnalta. Kiilteen opaakkisuus perustuu kiilteen, veden ja ilman erisuuruisiin taitekertoimiin. Demineralisoitunut kiille on huokoisempaa kuin terve kiille. Kostealla hampaan pinnalla huokoiset kohdat täyttyvät vedellä ja taitekertoimien suuruuden ero veden ja kiilteen välillä saa kiilteen näyttämään opaakkiselta tai ei opaakkiselta. Jo kostealla hampaan pinnalla erottuva kiilteen opaakkisuus on merkki syvemmästä kariesvauriosta, verrattuna vain kuivatulta pinnalta näkyvään kiilteen opaakkisuuteen. Taitekertoimien suuruuden ero kiilteen ja ilman välillä on suurempi kuin kiilteen ja veden välillä, joten opaakkisuus tulee näkyvämmäksi hampaan pinnan kuivaamisen jälkeen. (5)

Ientaskumittarin ja sondin avulla voidaan varovasti tunnistella kiilteen karheutta ja pehmeyttä. Sondia tulisi käyttää kiilteen kokeiluun pinnan muotoja mukaillen lappeellaan. Sondin kärjellä ei suositella kiilteen pinnan tunnistelua suorassa kulmassa, sillä se voi vaurioittaa kiillettä ja rikkoa kiilteen pinnan. Ientaskumittari sopii tähän siis paremmin, sillä siinä ei ole terävää päätä kuten sondissa. (6)

Visuaalinen havainnointi on tutkimuksien mukaan paras metodi okklusaalisten kariesvaurioiden havainnointiin (7, 8, 9). Visuaalinen havainnointi kuitenkin joskus aliarvioi kariesvaurion syvyyden ja vaurio on todellisuudessa syvempi (1).

### **3.2 Approksimaalinen kariesvaurio**

Approksimaalisen kariesvaurion visuaalisen havainnoinnin perusedellytykset ovat samoja kuin okklusaalisen kariesvaurion havainnoimisessa. Ientaskumittarilla voidaan tunnustella hampaan approksimaalivälejä ja arvioida leesion kavitoituminen. (10, 11) Approksimaalisen kariesvaurion havainnointi on visuaalisesti vaikeaa, koska leveät kontaktipinnat vaikeuttavat suoraa näkyvyyttä approksimaaliväleihin (10). Visuaalinen havainnointi on osoittanut korkeaa spesifisyyttä (terveiden tunnistaminen), mutta matalaa sensitiivisyyttä (sairaiden tunnistaminen) ja tutkimustulosten toistettavuutta (3, 10, 11).

Approksimaalisen kariesvaurion havainnointiin voidaan käyttää hampaan separointia ortodonttisen kumirenkaan avulla. Separointirengas asetetaan hampaiden väliin ja tutkittava tulee ortodonttisen separointirenkaan asettamisen jälkeen 2-3 päivän kuluttua vastaanotolle, jolloin rengas otetaan pois ja approksimaalivälejä tarkastellaan. Aikuisilla separointi vaatii enemmän aikaa kuin lapsilla, eikä separointi toimi kaikilla. Separointi auttaa kiilteen eheyden tai rikkonaisuuden tarkastelussa, kun approksimaaliväliin saa suoran näkyvyyden. (12)

Approksimaalisissa kariesvaurioissa, joissa on kiilteen kavitaatio, dentiinin infektioaste on kymmenenkertainen verrattuna approksimaalisiin kariesvauroihin, joissa kiillepinta on ehjä. Ratledge ym. totesivat tutkimuksessaan, että korjaavaa hoitoa vaativista approksimaalisista kariesvaurioista 85 % oli kavitoituneita. Tämä varmistettiin ottamalla jäljennökset approksimaaliväleistä, kun hampaat oli separoitu viikon verran ortodonttisella separointirenkaalla. Jäljennökset tarkastettiin näönvaraisesti ja 15 % korjaavaa hoitoa vaativista approksimaalikariesvaurioista ei ollut kavitoitunut jäljennöksien perusteella. Tulehtunut ienpapilla usein viittaa approksimaaliseen kariesvaurioon. Jos approksimaalinen kariesvaurio on kavitoitunut, ienpapilla on suuremmalla todennäköisyydellä tulehtunut. Kun kiille on rikkoitunut, mikrobit pääsevät kolonisoitumaan kavitaatioon ja kariesvaurio ei ole puhdistettavissa. Tällöin päädytään korjaavaan hoitoon. (13)

### 3.3 Vapaan pinnan kariesvaurio

Vapaan pinnan kariesvaurio arvioidaan visuaalisesti samoilla metodeilla kuin okklusaalinen kariesvaurio. Hampaan pinnan muutokset nähdään paremmin, koska vapaille pinnoille on suora näköyhteys. Ientaskumittarilla voidaan tunnustella varovasti kiilteen pinnan eheyttä ja karheutta. (14)

### 3.4 ICDAS-luokitusjärjestelmä

Kariesvaurioiden visuaalisessa havainnoinnissa voidaan käyttää apuna kariesvaurioiden luokitusjärjestelmiä. Kariesvaurioiden kliinisen havainnoinnin kuvaamiseksi on kehitetty kansainvälinen luokitus ICDAS (International Caries Detection and Assessment System), jonka avulla voidaan arvioida approksimaalisten ja okklusaalisten primaarikariesvaurioiden syvyyttä, mutta ei kariesvaurion aktiivisuutta. Luokituksessa käytetyt ICDAS-arvot ovat seuraavat (14, 15, 16):

- 0 = terve hampaan pinta, jossa ei ole nähtävissä minkäänlaisia kariesvaurioon viittaavia muutoksia. Tähän kuuluu myös hampaan hyperplasia, fluoroosi, värjäytyminen ja kuluminen.
- 1 = hampaan pinta, jossa näkyy ensimmäiset muutokset kiilteessä. Kosteana kiilteessä ei näy kariekseen viittaavia muutoksia, mutta kuivatessa kiilteessä näkyy opaakkisuutta, tummentumaa tai pinnan karheutta.
- 2 = selkeä näkyvä muutos kiilteessä. Hammas tutkitaan kosteana ja kiilteessä näkyy kuivaamatta opaakkisuus, tummentumat ja pinnan karheus.
- 3 = kiille on paikallisesti rikkoutunut, mutta dentiini ei kuulla tummana kiilteen alla.
- 4 = dentiini kuultaa tummana kiilteen alla. Yleensä dentiini kuultaa harmahtavana, sinertävänä tai rusehtavana kiilteen läpi. Kiille voi olla kavitoitunut tai ei-kavitoitunut.
- 5 = kiille on kavitoitunut selkeästi ja dentiiniä on paljastunut rajoittuneesti.
- 6 = hammas on kavitoitunut laajasti ja dentiiniä on laajasti näkyvillä.

## 4 Hampaiston röntgentutkimus

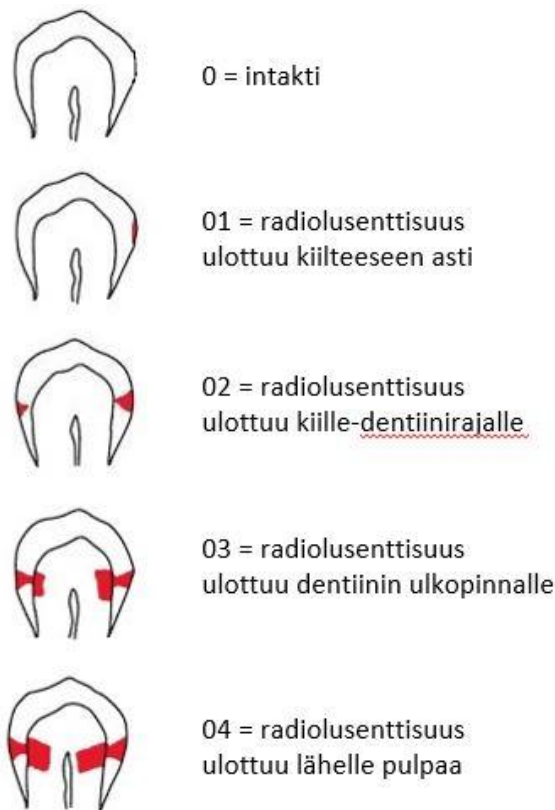
Hampaiden röntgentutkimus toimii apuna kariesdiagnostiikassa. Kuvantavana menetelmänä röntgenkuvaus aiheuttaa säteilytystä potilaalle, joten käyttö on rajattua ja kuvaukselle täytyy olla indikaatio. Intraoraaliröntgenlaitteella otetaan intraoraalikuvia eli kuvareseptori on suun sisäpuolella, kun halutaan kuvata yksittäisiä hampaita, hammasryhmiä tai suun osa-alueita. Intraoraalikuvia ovat periapikaali-, bitewing- ja okklusaaliröntgenkuvat. (17)

Bitewing (bw)-röntgentutkimuksen tärkein kuvausindikaatio on kariesvaurioiden esiintymisen ja niiden syvyyksien tarkentaminen hampaiden okklusaali- ja approksimaalipinnoilta sekä restauraatioiden ja marginaalisen luurajan arviointi. Hyvässä bw-kuvassa näkyy ylä- ja alahampaiden kruunuosat kulmahampaan distaalisivustalta viimeisen puhjenneen molaarin mesiaalisivustalle. Ylä- ja alaleuan marginaalinen luuraja tulisi olla selvästi ja yhtä paljon nähtävissä. Hampaissa ei saisi olla päällekkäin projisoitumista, pidentymistä tai lyhentymistä. Bw-kuvauksessa kuvareseptori eli röntgensäteilyn tallentava väline (filmi, sensori ja kuvalevy) asetetaan hammaskaaren suuntaisesti ja röntgenputken keskisäde suunnataan hampaiden approksimaalivälien kautta kohtisuorassa kulmassa kuvareseptoriin. Bw-kuvauksessa käytetään apuna bw-kuvalevypidikettä ja tähän liitettävä ohjausrengasta. Kuvareseptori voidaan asettaa pidikkeeseen horisontaalisesti tai vertikaalisesti. Kuvapidike asetellaan potilaan suuhun hammasrivin linguaalipuolelle suunpohjaan ja pidikkeen purusiiveke asetetaan ensimmäisen alamolaarin kohdalle. Potilasta pyydetään puremaan hampaita tiukasti yhteen ja pysymään kuvauksen aikana paikallaan. (17)

Approksimaali- ja okklusaalikarieksen osalta voidaan käyttää bw-kuvissa Mejare et al. määrittämää luokitusta: (18)

- 0 = intakti
- 01 = radiolusenttisuus ulottuu kiilteen alueelle
- 02 = radiolusenttisuus ulottuu kiille-dentiinirajalle
- 03 = radiolusenttisuus ulottuu dentiinin ulkopinnan alueelle
- 04 = radiolusenttisuus ulottuu lähelle pulpaa.





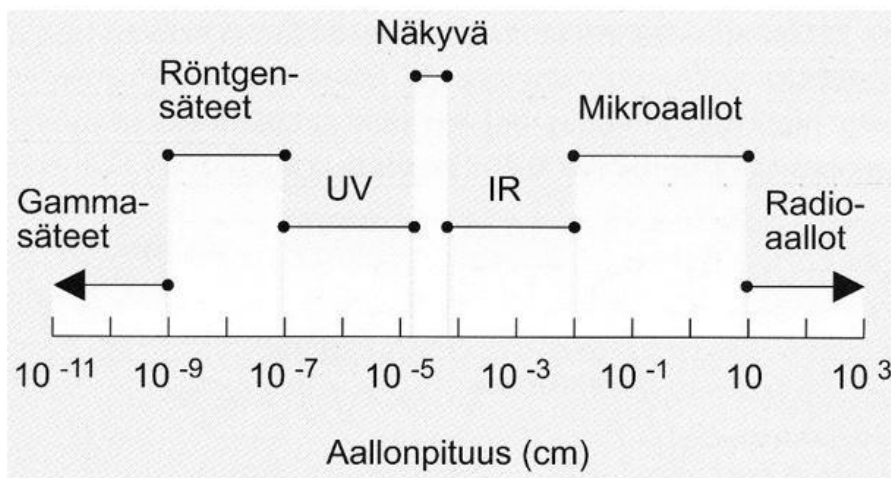
Kuva 1. Mejare et al. kehittämä approksimaali- ja okkluusaalikariesvaurioiden bw-kuvien röntgenologinen luokitus.  
Kuva muokattu lähteestä (18).

Approksimaalikariesvaurioiden osalta voidaan myös käyttää ICDAS-röntgenologista luokitusta:  
(19)

- 0 = röntgenologisesti terve hammas
- 1 = radiolusenttisuutta kiilteen ulomman puolikkaan alueella
- 2 = radiolusenttisuutta ulottuen kiilteen sisemmän puolikkaan alueelle tai kiille-dentiinirajalle
- 3 = radiolusenttisyys rajoittuu ulompaan kolmasosaan dentiinin alueella
- 4 = radiolusenttisyys dentiinin alueella keskimmäiseen kolmasosaan
- 5 = radiolusenttisyys ulottuu dentiinin alueella sisimpään kolmasosaan ja havaittavissa kliinisesti kavitaatio
- 6 = radiolusenttisyys ulottuu pulpaan asti ja havaittavissa kavitaatio kliinisesti.

## 5 Optiset kariksen havainnointimenetelmät

Kariksen havainnoinnissa käytetään erilaisia valoon perustuvia havainnointimenetelmiä. Nämä optiset kariksen havainnointimenetelmät ovat ei-ionisoivia kuvausmenetelmiä, joissa laite tuottaa valon eri aallonpituuksia ja ovat siten turvallisia verrattuna röntgenkuvaukseen. Valo voi sirota, heijastua sekä absorboitua hampaan kovakudokseen tai voi tapahtua fluoresenssi-ilmiö. (20)



Kuva 2. Sähkömagneettinen aallonpituusspektri. UV=ultraviolettisäteily, IR=infra-punasäteily. Kuva muokattu lähteestä (21).

### 5.1 Kuituvalo

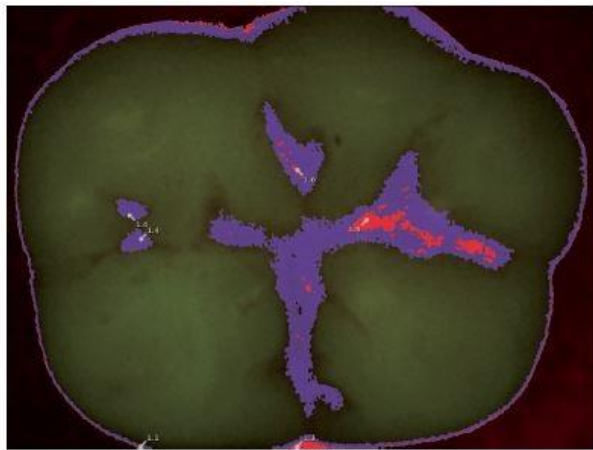
Visuaalisen tarkastelun apuvälineenä käytetään kuituvaloa eli FOTI:a (fiber optic transillumination). Näkyvää valoa johdetaan kapeasta valonlähteestä valokuituja pitkin hammaskudoksen läpi. Hammasta valaistaan bukkaalisesta, oraalisesta tai okklusaalisesta suunnasta. Valo absorboituu ja siroaa dentiinin ja kiilteen läpi eri tavoin, riippuen kudoksen läpäisevyydestä. Terve kiille ja dentiini ovat suhteellisen läpikuultavia näkyvälle valolle. Karioituneessa dentiinissä valo siroaa ja absorboituu enemmän ja aiheuttaa tumman varjon, mikä kertoo mahdollisen kariesvaurion olemassaolosta. (2)

## 5.2 Fluoresenssi

Hampaan kovakudosten fluoresenssi on havaittu ensimmäisen kerran jo vuonna 1911 (22). Fluoresenssi on ilmiö, jossa valonlähteestä tullut fotoni absorboituu aineen atomeihin, jolloin ne virittävät atomin ja atomin elektroni siirtyy korkeammalle viritystilalle. Viritystilan purkautuessa tapahtuu fluoresenssi-ilmiö, jossa emittoituu fotoneita joilla on suurempi aallonpituus kuin valonlähteestä tulleelta valolta. Hampaan eri kovakudokset emittoivat valoa eri väreinä. Hampaan terve dentiini ja kiille emittoivat vihreää valoa ja kariesta aiheuttavien bakteerien aineenvaihduntatuotteen porfyriinit emittoivat punaista valoa. (2)

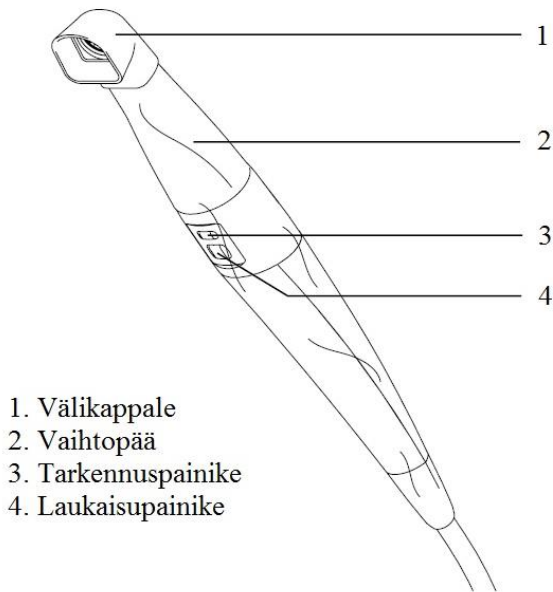
### 5.2.1 VistaCam

VistaCam-laitteen toiminta perustuu fluoresenssiin. VistaCam iX Proof (VC1)-vaihtopäällä (Dürr Dental, Saksa) otetaan hampaista intraoraalikuvia kariesvaurioiden, plakin ja hammaskiven tunnistamiseen. VC1-laite tuottaa valoa kahdesta LED-valonlähteestä, joiden aallonpituus on 405 nm. Laitteen kamera rekisteröi fluoresenssin ja tuottaa digitaalisen kuvan, missä rakenteet näkyvät eri värein ja numeerisina arvoina 0-4. VC1:lla otetussa kuvassa terve hammaskiille näkyy vihreänä, initiaalikariesvaurio violettina, kiille-dentiinirajan kariesvaurio punaisena, dentiinikariesvaurio oranssina ja syvä dentiinikariesvaurio keltaisena. (23, 24, 25, 26)



Kuva 3. VistaCam-laitteella otettu kuva. Muokattu lähteestä (23).

VistaCam iX-kamera koostuu käsikappaleesta ja irrotettavista Proof (VC1) -, Proxi (VC2) - ja Cam-vaihtopäistä, joista valo johdetaan hampaaseen. Käsikappaleessa on molemmin puolin 2 painiketta, tarkennus- ja laukaisupainike. Tarkennuspainike säätää kohteen terävyyden ja laukaisupainikkeella otetaan pysäytyskuvia tai videoita. Kamera asetetaan hampaan okklusaalipinnalle. Kuvaa ottaessa kamera tulee olla yhdistettynä tietokoneeseen, laitteen kuvantamisohjelman tulee olla päällä, hygieeninen kertakäyttösuojus tulee olla vaihtopäissä sekä kameran etäisyyspidike kiinnitettynä. Ulkopuolinen valo tulisi himmentää, jotta se ei häiritse kuvaamista. Kamera asetetaan kuvattavan hampaan päälle, painetaan fokus-painiketta ja tämän jälkeen laukaisupainiketta, jolloin kuva siirtyy tietokoneen kuvantamisohjelmaan. (23)



Kuva 4. VistaCam-laitteen rakenne. Kuva muokattu lähteestä (23).

### 5.2.2 VistaCam In vitro-tutkimukset

VC1 on tutkittu vähänlaisesti ja vain poistetuilla hampailla. Näissä kahdessa tutkimuksessa on todettu, että VC1 on hyvä apuväline okklusaalisten kariesvaurioiden havainnoimisessa.

Molemmissa tutkimuksissa käytettiin visuaalisen tutkimuksen apuna kariesvaurioiden ICDAS-luokitusjärjestelmää. (25, 26)

VC1 on luotettava okklusaalisten kariesvaurioiden havainnoimisessa. Jablonski-Momeni ym. tutkivat vuonna 2012 poistetuilla hampailla VC1:n käyttökelpoisuutta okklusaalikarieksien havainnoimisessa. Poistettuja hampaita oli yhteensä 101, joista 65 oli molaaria ja 36 premolaaria. Kokenut klinikko ja viimeisen vuoden hammaslääketieteen opiskelija tutkivat hampaat visuaalisesti ja VC1:lla. Tutkimuksessa todettiin, että laitetta oli helppo käyttää ja kuvaustuloksia oli helppo tulkita riippumatta käyttäjän kliinisestä kokemuksesta. VC1:n havaitsi eriaisteiset okklusaaliset kariesvauriot hyvin ja löydös korreloi kariesvaurion todellisen syvyyden kanssa hyvin. Kariesvaurioiden todellinen syvyys varmennettiin histologisesti. VC tutkimuksen toistettavuus oli myös hyvä klinikkojen välillä. (25)

Vastaavia tuloksia saatiin myös toisesta vuonna 2012 Jablonski-Momeni ym. tekemästä tutkimuksesta, jossa 84 poistetun hampaan okklusaalipintaa tutkittiin kliinisesti, VC1:lla ja bw-kuvauksella. Tämän jälkeen okklusaaliset kariesvauriot avattiin ja tarkistettiin vaurion syvyys. Bw-

kuvaus havaitsi vähemmän okklusaalisia kariesvaurioita kuin VC1 ja bw-kuvaus korreloi huonosti vaurion todellisen syvyyden kanssa. Kliininen tutkimus ja VC1:n havaitsi vauriot parhaiten ja molemmat korreloivat todellisen okklusaalikariesvaurion syvyyden kanssa hyvin. (26)

Shakibaie F. ym. tutkivat poistetuilla hampailla suun nesteiden, syljen ja veren vaikutusta VC1:n toimintaan kuvauksen aikana. Tutkimukseen otettiin mukaan 112 poistettua hammasta. Syljellä ei ollut tutkimuksen mukaan vaikutusta VC1:n diagnostiikkaan. Tulos oli sama riippumatta siitä, oliko hammas kuivattu vai syljen peittämä kuvauksen aikana. Jos hammas oli veren peitossa kuvauksen aikana, VC1-kuvauksen tulos ei ollut luotettava. (27)

### 5.2.3 Laserfluoresenssi

DIAGNOdent (DD) -laitteen (KaVo, Saksa) toiminta perustuu laserfluoresenssiin. Punaista laservaloa, jonka aallonpituus on 655 nm, johdetaan hampaalle. Hampaan kovakudokset absorboivat valoa ja elektronit virittyvät korkeammalle tasolle. Fluoresenssin intensiteetti vaihtelee riippuen dentiinin ja kiilteen demineralisaatioasteesta. Hampaan terveet kiille ja dentiini fluoresoivat eriväristä valoa kuin karioitunut hammaskudos. Laite rekisteröi fluoresenssin ja muuttaa sen numeraaliseen muotoon (0-99), ja mitä korkeampi arvo on, sitä syvempi on kariesvaurio. (2)

DD:stä on tehty systemaattinen kirjallisuuskatsaus, johon on otettu tarkasteltavaksi 25 tutkimusta. Tutkimuksissa selvitettiin laitteen spesifisyyttä ja sensitiivisyyttä ja vertailumenetelmänä oli kariksen visuaalinen havainnointi. Tulosten mukaan, että DD havaitsi okklusaaliset dentiinkariesvauriot paremmin kuin visuaalinen havainnointi eli sensitiivisyys DD:llä oli korkeampi. Kuitenkin DD löysi terveet yksilöt huonommin eli laitteen spesifisyys oli alhaisempi kuin visuaalisessa havainnoimisessa. DD havaitsi kiillekariesvauriot paremmin kuin visuaalinen havainnointi. DD havaitsi kiillekariesvaurioista heikommin terveet yksilöt kuin visuaalinen havainnointi. Johtopäätöksenä kirjallisuuskatsauksessa oli, että DD on hyvä apuväline kariesdiagnostiikassa, mutta ei kuitenkaan ensisijainen menetelmä. (28) Laserfluoresenssi-tekniikkaa on tutkittu potilailla okklusaalikariesvaurioiden havainnoinnissa ja todettu, että se toimii näönvaraisen havainnoinnin tukena kariesdiagnostiikassa (29).

DD:n kliinistä tarkkuutta on tutkittu pysyvissä molaarihampaissa verrattuna bw-kuvaukseen. Yhteensä 90 approksimaaliväliä tutkittiin DD:llä ja bw-röntgenkuvin. Tulosten mukaan DD:n

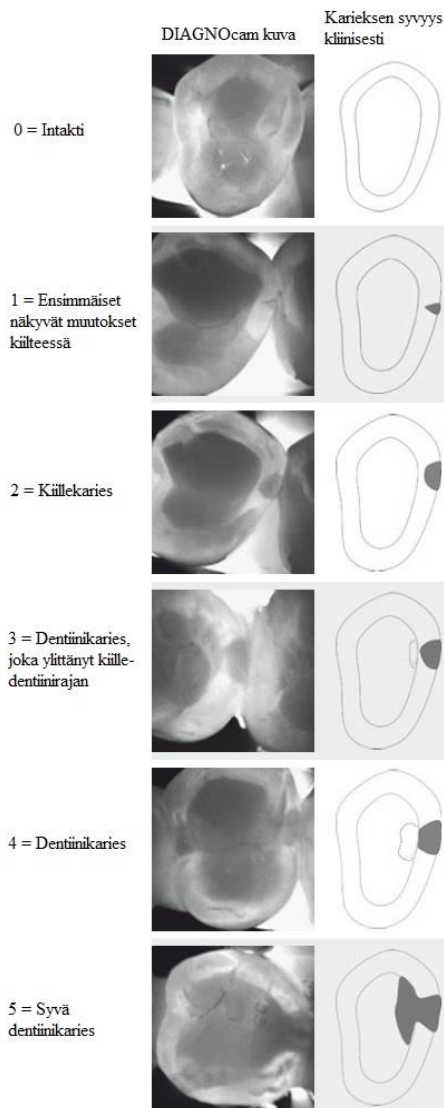
tarkkuus oli suurempi kuin bw-kuvissa. Bw-kuvat osoittivat myös alempaa spesifisyyttä. (30) Samanlaisia tuloksia on saatu myös Novaes ym. toimesta. Tämä tutkimus osoitti DD:n ja bw-röntgenkuvien sensitiivisyyden ja spesifisyyden samansuuruisiksi approksimaalisten maitohammaskariesvaurioiden havainnoinnissa (10).

### 5.3 NILT –tekniikka

DIAGNOcam (DC)-kamera (KaVo, Saksa) tuottaa röntgenkuvien kaltaisia kuvia ilman ionisoivan säteilyn käyttöä. Kuvausmenetelmä perustuu near-infrared light transillumination eli NILT –tekniikkaan, joka on kehittyneempi versio digital fiber optic transillumination eli DIFOTI –tekniikasta. (31)

DIFOTI-tekniikka perustuu näkyvän valon johtumiseen hampaan läpi. Se on kehittyneempi versio FOTI:sta, jossa tulos viedään digitaaliseen muotoon. Hampaan demineralisoituneilla alueilla kiilteessä tai dentiinissä valo siroaa enemmän kuin terveessä hammaskudoksessa. Kariesvaurio näyttää tästä johtuen tummemmalta digitaalisessa kuvassa. (32) Sironta tarkoittaa fysikaalista prosessia, jossa valo muuttaa suuntaansa aineen/materiaalin tiheyden muutoksen tai muun esteen takia menettämättä energiaa (31). DIFOTI-tekniikka on hyvä alkavien kariesvaurioiden havainnoinnissa, mutta ei kariesvaurion syvyyden määrittämisessä (33). Kühnisch ym. on tutkinut DC-laitteen toimivuutta kariesvaurion syvyyden määrittämisessä. DC-laite oli hyvä alkavien kariesvaurioiden havainnoimisessa, mutta DC-kuvissa todettiin useimmin syvempiä dentiinikariesvaurioita kuin ne todellisuudessa olivat. Kariokset avattiin DC-tutkimuksen jälkeen ja katsottiin kuinka syvälle vaurio todellisuudessa ulottuu. (34)

DC-laite käyttää pidempää aallonpituutta kuin DIFOTI, mikä vähentää valon sirontaa ja parantaa kuvan laatua. Lisäksi valo tunkeutuu hammaskudokseen syvemmälle kuin DIFOTI-tekniikassa. DC:ssa aallonpituudeltaan 780 nm valoa johdetaan valokuitua pitkin pehmytkudoksen läpi alveoliluuhun ja sieltä hampaan kruunua pitkin okklusaalipintaa vasten olevaan sensoriin. Sensori rekisteröi hampaan läpäisseen valon ja tuottaa digitaalisen kuvan, jota voidaan tarkastella tietokoneen näytöltä ja tallentaa myöhempää tarkastelua varten. DC-kuva on mustavalkoinen ja dentiini, kiille ja kariesvauriot näkyvät digitaalisessa kuvassa harmaan eri sävyinä, riippuen kudoksen tiheydestä ja valon sironnasta. (31)



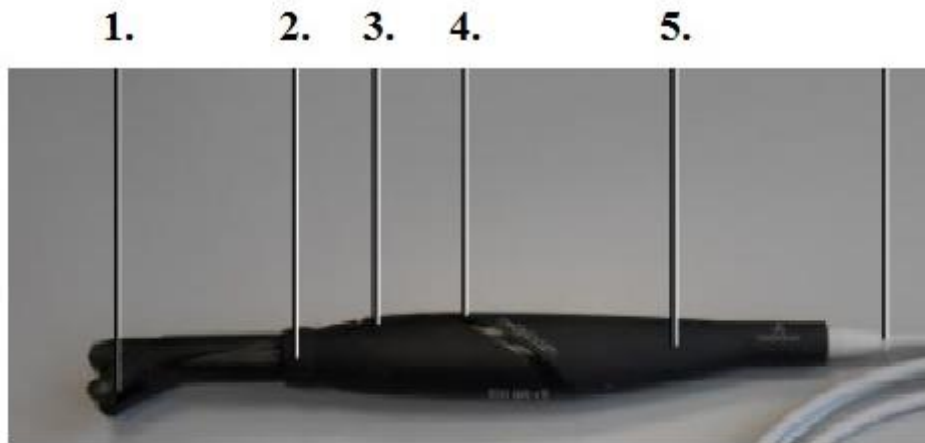
Kuva 5. DIAGNOcam:in approksimaalikariesvaurioiden luokittelu. Muokattu lähteestä (31).

DC-kamera koostuu käsikappaleesta ja irrotettavasta okklusaalikärjestä. Käsikappaleessa, johon on liitetty irrotettava kärki, on kolme painiketta. Rengaskytkimellä kytketään kamera kiinni ja auki sekä otetaan kuvia ja videoita. Painikkeella kaksi ja kolme valitaan kuvankäsittelyohjelmistosta hammaskaaviolta seuraava kuvattava hammas. Okklusaalikärjen päässä on kaksi joustavaa haaraa, joiden päissä on valon ulostuloaukot. Ulostuloaukkojen välissä on sensori, joka rekisteröi hampaan läpi kulkeneen valon. Kuvaa otettaessa DC tulee olla liitettynä tietokoneeseen, laitteen kuvankäsittelyohjelman tulee olla aktiivinen ja okklusaalikärjen liitettynä käsikappaleeseen. (35)

Hampaat kuivataan ennen kuvausta ja ylimääräinen ulkopuolinen valo tulisi himmentää, jotta se ei häiritse kuvausta. Tämän jälkeen okklusaalikärjen joustavat haarat asetellaan hampaan ikenen



ympärille oraalisesti ja fakiaalisesti siten, että sensorin tulisi olla kohtisuorasti eli paralleelista hampaan okklusaalipintaa vasten. (31) Kuva otetaan painamalla rengaskytintä (35).



1. Okklusaalikärki
2. Rengaskytin
3. Painike 1
4. Painike 2
5. Käsikappale

Kuva 6. DIAGNOcam-laitteen rakenne. Kuva muokattu lähteestä (35).

### 5.3.1 Approksimaaliset kariesvauriot DIAGNOcamilla

Tutkimukset ovat osoittaneet DC-laitteen havainnointikyvyn approksimaalisissa kiillekariesvaurioissa paremmaksi tai yhtä hyväksi kuin bw-kuvissa ja paremmaksi kuin visuaalinen havainnointi (7, 36, 37, 38). Dentiinikariesissä DC-laitteen havainnointikyky on yhtä suuri kuin bw-kuvissa (22). Yhdessä tutkimuksessa todettiin, että DC-kuvissa näkyvät syvät dentiinikariesvauriot olivat todellisuudessa pienempiä, kun kariesvauriot avattiin. (34)

Vuonna 2017 tehdyssä kliinisessä suomalaistutkimuksessa Laitala ym. tutkivat approksimaalisia kariesvaurioita DC:lla premolaareissa ja molaareissa. Yhteensä 7 hammaslääkärää tutkivat kliinisesti 91 potilasta, joilla oli kariesvaurioita. Potilaat olivat iältään 18–30 vuotiaita. Hammasväleistä otettiin bw-kuvat, jos röntgenkuvaukselle oli indikaatio, sekä DC-kuvat. Yhteensä

1162 hammasta ja näistä kaikki 2103 hampaan approksimaalipintaa analysoitiin. Näistä hampaista 591 oli molaareja ja 571 premolaareja. DC havaitsi kiillekariesvaurioita 21,2 % pinnoista.

Kliinisellä tutkimuksella havaittiin kolme kertaa vähemmän eli 6,2 % ja ja bw-kuvilla melkein kaksi kertaa vähemmän eli 14,1 % kiillekariesvaurioita kuin DC:lla. Dentiinikariesvaurioita DC löysi 9,0 %, kliinisellä tutkimuksella löydettiin 2,2 % ja bw-kuvilla 5,6 % hampaiden pinnoista. Tutkimuksen toistettavuus DC:lla oli hyvä kiille- ja dentiinikarieksille. (36) Vastaavia tuloksia saatiin Italiassa vuonna 2017 tehdyssä kliinisessä tutkimuksessa, jossa 2 hammaslääkärää tutkivat approksimaalisia kariesvauriota. Tutkittavat potilaat olivat iältään 19–23 vuotiaita. Yhteensä 1664 approksimaalipintaa kuvattiin DC:lla ja bw-kuvauksella. Kiilleleesiosta DC havaitsi 52 ja bw-kuvaus 39. Dentiinikariesvaurioita molemmat menetelmät havaitsivat 31 leesiota. (37)

Abdelaziz ym. tutkivat Sveitsissä approksimaalikariesvaurioita 12 hammaslääketieteen opiskelijalta. Yhteensä 376 approksimaalipintaa tutkittiin bw- ja DC-kuvauksin ja verrattiin näitä kuvia keskenään. Tuloksena oli, että DC- ja bw kuvat havaitsivat saman verran dentiinikarieksia. DC havaitsi kuitenkin enemmän kiillekarieksia kuin bw-tutkimus. (38) DC-laitteen toimintaa approksimaalikarieksissa on myös tutkittu Marinova-Takinova ym. toimesta. Tutkimuksessa todettiin, että kiillekariesvaurioissa DC-laitteen havainnointikyky oli yhtä suuri kuin bw-kuvissa ja tehokkaampaa kuin visuaalinen havainnointi. Tutkittavana oli 38 aikuispotilasta. (7)

Vuonna 2014 tehdyssä kliinisessä tutkimuksessa Saksassa Söctig ym. vertailivat DC- ja bw-kuvia keskenään. Kliinisesti, bw-kuvauksella ja DC-kuvauksella tutkittiin 130 yli 12-vuotiasta aikuispotilasta. Yhteensä 85 potilaalta havaittiin yhteensä 127 korjaavaa hoitoa vaativaa approksimaalista dentiinikariesvaurioita pysyvistä hampaista. DC:lla approksimaalikarieksia löydettiin 126, ja bw havaitsi 121 dentiinikariesvauriota. Lisäksi tässä tutkimuksessa tehtiin approksimaalikariesvaurioiden luokitus DC:lle. Luokituksessa vauriot on numeroitu asteikolla 1-5, jossa 1 tarkoittaa ensimmäisiä näkyviä merkkejä kiilteessä ja 5 tarkoittaa syvää dentiinikariesvauriota. (31)

Kühnisch ym. tutkivat Saksassa DC:n käyttökelpoisuutta approksimaalisten dentiinikariesvaurioiden havainnoimisessa. Tutkimukseen seulottiin mukaan 85 potilasta, joilla oli yhteensä 127 dentiinikariesvauriota. Näissä kavitaatiot olivat vain kiilteen alueella, eikä kavitaatio ollut edennyt dentiiniin. Hampaat tutkittiin kliinisesti, DC:lla ja bw-kuvauksella. Tämän jälkeen dentiinikariesvauriot avattiin turbiinilla, karies puhdistettiin kokonaan ruusulla ja ekskavaattorilla. Puhdistetusta alueesta eli kaviteetista otettiin jäljennös silikonisella jäljennösaineella ja tämän avulla voitiin vertailla kariesvaurion todellista syvyyttä DC- ja bw-kuvissa havaittuihin kariesvaurioihin. Kiille-dentiinirajalle ulottuvat kariesvauriot ulottuivat todellisuudessa samalle

syvyydelle kuin bw- ja DC-kuvissa oli havaittu. DC-kuvissa todettiin useimmin syviä dentiniikariesvaurioita ulottuen lähelle pulpaa, vaikka kliinisen avauksen jälkeen vauriot olivat todellisuudessa pienempiä ja uloituivat useimmin vain uloimmalle dentiinipuoliskolle. (34)

### 5.3.2 Okklusaaliset kariesvauriot DIAGNOcamilla

On todettu, että okklusaalisissa kiillekariesvaurioissa DC-laite havaitsi paremmin kariesvauriot kuin bw-kuvaus. DC-laite havaitsi saman verran tai vähemmän kiillekariesvauriot kuin visuaalisesti havaittiin. (7, 8) Dentiinikarieksia DC-laite on havainnut saman verran kuin visuaalinen havainnointi (37).

Lara-Capi ym. kliinisessä tutkimuksessa vertailtiin DC:tä ja kliinistä tutkimusta okklusaalisten dentiniikariesvaurioiden havainnoimisessa. Kaksi hammaslääkärää tutki hampaat visuaalisesti ja DC-laitteella. Yhteensä 832 okklusaalipinnasta molemmat tutkimusmenetelmät havaitsivat lähes yhtä monta okklusaalikariesvauriota, DC 149 ja kliininen tutkimus 152. (37)

Okklusaalisia kiillekariesvaurioita on tutkittu Bulgariassa vuonna 2016 tehdyssä kliinisessä tutkimuksessa. Yhteensä 60 okklusaalista kiillekariesvauriota tutkittiin kliinisesti, bw-kuvilla ja DC:lla. Kliinisesti havaittiin 96,6 % okklusaalisista kiillekariesvaurioista ja DC:n havaitsi saman verran, kun taas bw-kuvissa ei havaittu kuin 17,2 % kiillekariesvaurioista. Tutkimuksessa ei mainittu millä menetelmällä kariesvauriot varmennettiin. (7)

Vuonna 2018 julkaistussa kliinisessä tutkimuksessa Schaefer ym. tutkivat 203 potilasta (yli 12-vuotiaat, keski-ikä 23 vuotta) okklusaalisten kiillekariesvaurioiden osalta. Potilaat tutkittiin kliinisesti, DC-kuvauksella sekä bw-kuvauksella. Samassa tutkimuksessa tutkittiin myös aproksimaalikariesvaurioita, minkä takia bw-kuvat otettiin. Kliininen tutkimus havaitsi parhaiten okklusaaliset kiillekariesvauriot ja näitä löytyi 23 %:lla pinnoista. DC havaitsi okklusaalisia kiillekariesvaurioita 9,4 % ja bw-kuvauksella havaittiin vain 0,2 % pinnoista. Tässä todettiin myös, että DC ei tuonut merkittävää lisäarvoa verrattuna kliiniseen tutkimukseen. Tutkimuksessa ei avattu kariesvaurioita, koska ne uloutuivat vain kiilteeseen, joten kariesvaurioiden todellista syvyyttä ei tiedetty. (8)

### 5.3.3 Sekundaarikarieksen havainnointi DIAGNOcamilla

Sekundaarikarieksien osalta DC-toimivuutta on tutkittu vähänlaisesti ja se on osoittanut ristiriitaisia tuloksia (31, 39). Elhennawy ym. tutkivat DC toimivuutta sekundaarikarieksien havainnoimisessa. Yhteensä 200 poistettua hammasta tutkittiin kliinisesti, radiologisesti sekä DC-kuvauksella suun ulkopuolella. Tuloksena oli, että DC-laitetta voidaan käyttää sekundaarikarieksien havainnointiin. Tutkimuksessa radiologinen tutkimus ja DC-tutkimus havaitsivat saman verran sekundaarikarieksia. (39) Söchtig ym. totesivat tutkimuksessaan, että DC:n avulla ei voi tutkia sekundaarikarieksia amalgaamin, keramian, kullan tai komposiittiresiinin alta, sillä täyttemateriaalit absorboivat NILT-valon kokonaan (31).

### 5.3.4 Toistettavuus DIAGNOcamilla

DC kuvien tulkinnan toistettavuutta on tutkittu vuonna 2018 Litzenburger ym. toimesta. DC osoitti selvästi paremman toistettavuuden kuvien tulkinnassa eri hammaslääkärien välillä kuin bw-kuvissa. Yhteensä 12 hammaslääkärää tulkitsi 100 bw-kuvaparia sekä vastaavista hampaista otetut DC-kuvat, joissa oli 34 intaktia pintaa, 33 kiillekariesvauriota sekä 33 dentiinikariesvauriota. Samat bw-kuvat sekä DC-kuvat arvioitiin jokaisen hammaslääkärin toimesta 2 eri evaluaatiokierroksella siten että, kierrosten välissä oli 4 viikkoa ja kuvat arvoitiin eri järjestyksessä kierrosten välissä, jotta hammaslääkärit eivät muistaisi edellisen kierroksen arviointeja. Ensimmäisellä evaluaatiokierroksella 12 hammaslääkärää löysi samat löydökset DC-kuvista 79 % tapauksista ja bw-kuvista 69,8 % tapauksista. (40)

### 5.3.5 Vistacam iX Proxi (VC2) -vaihtopää

Myös VistaCam iX Proxi (VC2) -vaihtopäällä tuotetaan digitaalisia kuvia approksimaalipintojen kariesvaurioiden tunnistamiseksi. Tämä menetelmä perustuu samaan ilmiöön kuin DC:ssa eli NILT-tekniikkaan. Menetelmä on kuitenkin suunniteltu kiillekariesvaurioiden havainnointiin ja johdetun valon aallonpituus poikkeaa DC-laitteen käyttämästä valon aallonpituudesta. Tässä aallonpituudeltaan 850 nm olevaa valoa johdetaan hampaan pinnalle kahdesta LED-valonlähteestä.

Kamera rekisteröi hampaan läpi kulkeneen valon ja tuottaa digitaalisen kuvan. Proxi-vaihtopäällä otettu kuva on mustavalkoinen ja dentiini, kiille ja kariesvauriot näkyvät digitaalisessa kuvassa harmaan eri sävyinä, riippuen kudoksen tiheydestä ja valon sironnasta. (41)

Vuonna 2017 tehdyssä saksalaistutkimuksessa Jablonski-Momeni ym. tutkivat approksimaalisia kiillekariesvaurioita premolaareissa ja molaareissa VC2:lla. Yhteensä 193 approksimaalipintaa tutkittiin kliinisesti, VC2:lla ja bw-kuvauksella. Bw-kuvissa kiillekariesvaurioita havaittiin 63 pinnalla ja 130 pintaa olivat bw-kuvissa intakteja. Näistä 63:sta bw-kuvien kiillekariesvauriosta, VC2 löysi 44 ja 130 intaktista pinnasta laite löysi 28 kiillekariesvauriota. Tutkimuksen tulokset eivät täysin todistaneet VC2:n luotettavuutta kiillekariesvurioiden diagnostiikassa. Tutkimuksessa todettiin myös, että kuviin saattoi tulla vääristymää ulkopuolisen valon heijastuksesta, jos laite oli vinossa okklusaalipintaan nähden kuvauksen aikana tai jos hampaan pinta oli kostea. Myös restauraatiot, kuten amalgaami ja keraamiset täytteet häiritsivät kuvausta ja aiheuttivat kuvan tulkintaa häiritsevää valon heijastumista. (30)

## 6 Yhteenveto ja pohdinta

Kariesvaurioiden havainnointi visuaalisesti on usein haastavaa etenkin approksimaalipinnoilta, koska leveät kontaktipinnat vaikeuttavat näkyvyyttä approksimaaliväleihin. Visuaalisen havainnoinnin on todettu havaitsevan heikosti approksimaalikariesvauriot. (3,10,11) Visuaalinen havainnointi on kuitenkin tutkimuksien mukaan paras metodi okklusaalisten kariesvaurioiden havainnointiin (7, 8, 9). Rytömaa ym. totesivat tutkimuksessaan vuonna 1979, että hammaslääkärin välillä löytyi suurta vaihtelua hampaan korjaavan hoidon päätöstä tehtäessä. Tässä tutkimuksessa 12 hammaslääkärää tutkivat 10 opiskelijaa kliinisesti. Tutkimusta tehtäessä heillä oli käytettävissä oppilaiden bw-kuvat. Kaikki 12 hammaslääkärää diagnosoivat eri määrän korjaavaa hoitoa tarvitsevia kariesvaurioita. Vaihtelu kariesvaurioiden määrässä oli suurta; yksi hammaslääkäri diagnosoiti 27 kariesvauriota ja toinen jopa 62. Tutkimuksessa todettiin, että kariesvaurioiden havainnointiin tarvitaan yhteisiä käytäntöjä ja lisää havainnoinnin apuvälineitä, ja näitä on myöhemmin kehiteltykin. (42)

ICDAS-luokitus on kehitetty kariesin visuaalisen havainnoinnin tueksi ja yhtenäistämään kariesvaurioiden havainnointia. (14, 15, 16) ICDAS on todettu korreloivan histologisesti kariesvaurion syvyyteen okklusaali- että approksimaalipinnoilla (26, 43, 44). ICDAS on luotettava approksimaali- ja okklusaalikariesvaurioiden havainnoimisen tukena (45, 46). Uusien tutkimuksien mukaan DC-laite on parempi kuin visuaalinen havainnointi ICDAS:n avulla approksimaalisissa dentiini- ja kiillekariesvaurioissa (36). Okklusaalisissa dentiinikariesvaurioissa DC ja ICDAS olivat yhtä hyviä, mutta kiillekariesvaurioissa ICDAS oli jopa kaksi kertaa tehokkaampi (8, 37). VC ja visuaalinen havainnointi (ICDAS) havaitsi suurin piirtein saman verran okklusaalisia kiille- ja dentiinikariesvaurioita (26).

Taulukkoon 1 on kerätty DC tutkimukset approksimaalisten kariesvaurioiden osalta.

Kiillekariesvaurioita DC havaitsi saman verran (7) tai enemmän kuin bw-kuvaus (36, 37, 38).

Dentiinikariesvaurioita DC havaitsi saman verran (37, 38) tai enemmän kuin bw-kuvaus (31, 36).

DC havaitsi enemmän kiille- ja dentiinikariesvaurioita kuin visuaalinen havainnointi (7, 36).

Kaikissa tutkimuksissa DC oli yhtä hyvä tai parempi kuin visuaalinen havainnointi ja bw-kuvaus (7, 31, 34, 36-38)

Tutkimus	Potilaiden määrä ja ikä	Hampaiden/hammaspintojen määrä	Mihin havainnointimenetelmään verrattiin	Visuaalinen luokitus	Histologia	DC ja bw	DC ja visuaalinen
Marinova-Takorova ym. (7)	38 aikuispotilasta	125 ei-kavitoitunutta kariesvauriota	Bw ja visuaalinen havainnointi	Ei mainintaa	-	Kiillekaries: DC havaitsi saman verran kuin bw.	Kiillekaries: DC havaitsi enemmän kuin bw.
Söchtig ym. (31)	130 aikuispotilasta, ikä yli 12 vuotiaita	127 kavitoitunutta kariesvauriota	Bw	ICDAS	-	Dentiinikaries: DC havaitsi 126 ja bw 121 kariesvauriota.	-
Kühnisch ym. (34)	85 aikuispotilasta, yli 12 vuotiaita, keski-ikä 25 v	127 hammasta, 127 kavitoitunutta kariesvauriota	Bw	ICDAS	Kiille-dentiinirajalle ulottuvat ulottuvat samalle syvyydelle avattaessa. DC ylipäätös diagnosoitiin dentiinikariesia	-	-
Laitala ym. (36)	91 potilasta, ikä 18-30 v	1162 hammasta, 2103 approksimaalipintaa	Bw ja visuaalinen	ICDAS	-	Kiillekaries: DC havaitsi 21,2 % pinnoista, bw 14,1 % Dentiinikaries: DC havaitsi 9 % pinnoista, bw 5,6 %	Kiillekaries: DC havaitsi 21,2 % pinnoista, Visuaalinen 6,2 % Dentiini: DC 9 % Visuaalinen 2,2 %
Lara-Capi ym. (37)	52 potilasta 19-23 v	1664 approksimaalipintaa	Bw	ICDAS	-	Kiillekaries: DC havaitsi 52 ja bw 39. Dentiinikaries: DC ja bw havaitsivat saman verran.	-
Abdelaziz ym. (38)	12 potilasta	188 hammasta, 376 approksimaalipintaa	Bw	Ei mainintaa	-	Kiillekaries: DC havaitsi enemmän kuin bw. Dentiinikaries: DC ja bw havaitsivat saman verran.	-

**Taulukko 1. Approksimaalikariesvauriot DIAGNOcamilla**

Taulukkoon 2 on kerätty DC tutkimukset okklusaalisten kariesvaurioiden osalta.

Okklusaalikariesvaurioiden osalta DC:sta oli vähemmän tutkimuksia kuin

approksimaalikariesvaurioista (7, 8, 37). Dentiinikariesvaurioita DC havaitsi saman verran

visuaalinen havainnointi (37). Kiillekariesvaurioita DC havaitsi saman verran tai vähemmän kuin

visuaalinen havainnointi. DC oli kuitenkin parempi havaitsemaan kiillekariesvaurioita kuin bw-

kuvaus. (7, 8)

Tutkimus	Potilaiden määrä ja ikä	Hampaide n/hammas pintojen määrä	Mihin havainnointim e-netelmään verrattiin	Visuaalinen luokitus	Histologia	DC vs bw	DC vs visuaalinen
Marinova-Takorova ym. (7)	38 aikuispotilasta	60 okkl kiillekariesa	Bw ja visuaalinen	Ei mainintaa	-	Kiillekaries: Bw havaitsi vain 17,2 % pinnoista	Kiillekaries: Visuaalisesti ja DC havaittiin saman verran 96,6 % kariesvaurioista
Schaefer ym. (8)	203 potilasta yli 12-vuotiaat, keski-ikä 23 vuotta	3174 hammasta	Bw ja visuaalinen	ICDAS	-	Kiillekaries: Bw havaitsi 0,2 %, DC 9,4 pinnoista	Kiillekaries: Visuaalinen havaitsi 23 % pinnoista, DC 9,4 % pinnoista
Lara-Capi ym. (37)	52 potilasta 19-23 v	832 okklusaalipintaa	Visuaalinen	ICDAS	-	-	Dentiinikaries: DC havaitsi 149 kpl ja bw 152 kpl

**Taulukko 2. Okklusaalikariesvauriot DIAGNOcamilla**

Taulukkoon 3 on kerätty VC1:a koskevat tutkimukset. VC1:sta on vähänlaisesti tutkimuksia ja ne on tehty poistetuilla hampailla (25, 26). VC1-laitteella todetut eriaisteiset okklusaaliset kariesvauriot korreloivat hyvin vaurion todellisen syvyyden kanssa (26). Visuaalinen havainnointi ja VC1 havaitsivat suurin piirtein saman verran eriaisteisia okklusaalikariesvaurioita (25). VC1 oli huomattavasti tehokkaampi havaitsemaan kiille- ja dentiinikariesvauriot kuin bw-kuvaus (26). VC voisi toimia näiden tutkimuksien mukaan okklusaalisten kariesvaurioiden havainnoinnin apuna ja seurannassa. VC1:sta tarvitaan kuitenkin lisää tutkimuksia potilailla, koska nämä tutkimukset oli tehty poistetuilla hampailla.

Tutkimus	Hampaiden/h ammaspintojen määrä	Mihin havainnointim e-netelmään verrattiin	Visuaalinen luokitus	Histologia	VC1 vs bw	VC1 vs visuaalinen
Jablonski-Momeni ym. (25)	101 hammasta, 65 molaaria ja 65 premolaaria	Visuaalinen	ICDAS	VC1 korreloi hyvin kariesvaurion todellisen syvyyden kanssa	-	VC1 havaitsi hyvin eriaisteiset okklusaaliset kariesvauriot
Jablonski-Momeni ym. (26)	84 hammasta	Bw ja visuaalinen	ICDAS	VC1 ja visuaalinen tutkimus korreloi parhaiten kariesvaurion todellisen syvyyden kanssa	Vistacam havaitsi paremmin kiille- ja dentiinikariesvauriot kuin Bw.	VC1 ja visuaalinen havainnointi havaitsi suurin piirtein saman verran okklusaalisia kiille- ja dentiinikariesvaurioita.

**Taulukko 3. In Vitro tutkimukset VistaCamilla**



Taulukkoon 4 on koottu tutkimukset koskien DC-laitetta sekundaarikariesvaurioiden havainnoimisessa. Tutkimuksia tästä oli vähän (31, 39). Elhennawy ym. tutkimuksen tuloksena oli, että DC-laitetta voidaan käyttää sekundäärarikariesvaurioiden havainnointiin (39). Söchtig ym. taas totesivat tutkimuksessaan, että DC:n avulla ei voi tutkia sekundaarikariesvaurioita amalgaamin, keramian, kullan tai komposiittiresiinin alta, sillä täytemateriaalit absorboivat NILT-valon kokonaan. Söchtig ym. tutkimuksessa ei mainittu, kuinka he tutkivat sekundaarikariesvaurioiden havainnointia. Tutkimuksessa käsiteltiin vain approksimaalisia kariesvaurioita ja sekundaarikariesvauriot jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. (31)

Tutkimus	Hampaiden/hammaspintojen määrä	Mihin havainnointimenetelmään verrattiin	Tulokset	DC vs bw
Söchtig ym. (31)	-	-	DC ei sovellu sekundaarikariesvaurioiden havainnointiin	-
Elhennawy ym. (39)	200 poistettua hammasta	Radiologinen tutkimus	DC laitetta voidaan käyttää sekundäärarikariesvaurioiden havainnoimisessa	Radiologinen ja DC-tutkimus havaitsivat saman verran sekundaarikariesvaurioita

**Taulukko 4. DIAGNOcam ja sekundaarikariesvauriot**

DC:llä ja VC:llä on potentiaalia kariesvaurion etenemisen seurannassa ja korjaavan hoidon päätöstä tehtäessä. Visuaalinen havainnointi on kuitenkin tutkimuksien mukaan paras metodi okklusaalisen kariesvaurioiden havainnointiin (7, 8, 9). Okklusaaliset kariesvauriot ovat huonosti nähtävissä bw-kuvista ja kariesdiagnostiikka perustuu usein vain visuaaliseen havainnointiin (7). Visuaalinen havainnointi havaitsee kuitenkin heikommin approksimaalikariesvauriot (3, 10, 11). Bw-tutkimus havaitsee hyvin approksimaalikariesvauriot (7, 31, 34, 36-38).

Visuaalinen havainnointi ja röntgenologiset menetelmät ovat vakiintuneet hammaslääketieteessä hyviksi kariesvaurioiden havainnointimenetelmiksi. Nämä havainnointimenetelmät ovat helposti toteutettavissa ja saatavilla. Approksimaalisissa ja okklusaalisissa kariesvaurioissa DC ja VC voisivat toimia apuvälineinä kariesvaurioiden seurannassa. Ei-invasiivisena, ionisoivaa säteilyä lähettämättömänä DC- ja VC-tutkimus voitaisiin toistaa usein ja tutkimus voitaisiin tehdä myös suuhygienistien toimesta. Laitteet voitaisiin ottaa mukaan suun terveystarkastuksiin ja käyttää laitetta kariesvaurioiden etenemisen seurannassa. Kuitenkin VC- ja DC-laitteita täytyy tutkia vielä lisää kliinisessä käytössä, jotta ne voisivat vakiintua esimerkiksi suuhygienistien käyttöön.

## Lähdeluettelo

1. Gimenez T, Piovesan C, Braga MM, et al. Visual Inspection for Caries Detection: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res*. 2015;94(7):895-904.
2. Diniz MB, Rodrigues JA, Lussi A. Traditional and Novel Caries Detection Methods. *InTech*. 2012:105-124
3. Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent*. 2002;62(4):201-13.
4. Ludlow JB, Davies-ludlow LE, White SC. Patient risk related to common dental radiographic examinations: the impact of 2007 International Commission on Radiological Protection recommendations regarding dose calculation. *J Am Dent Assoc*. 2008;139(9):1237-43.
5. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA. Occlusal caries: pathology, diagnosis and logical management. *Dent Update*. 2001;28(8):380-7.
6. Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries Res*. 1987;21(4):368-74.
7. Marinova-Takorova M, Panov V, Anastasova, R. Effectiveness of near-infrared transillumination in early caries diagnosis. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2016;30(6):1207-1211.
8. Schaefer G, Pitchika V, Litzenburger F, Hickel R, Kühnisch J. Evaluation of occlusal caries detection and assessment by visual inspection, digital bitewing radiography and near-infrared light transillumination. *Clin Oral Investig*. 2018;22(7):2431–2438
9. Kockanat A, Unal M. In vivo and in vitro comparison of ICDAS II, DIAGNOdent pen, CarieScan PRO and Soprolife camera for occlusal caries detection in primary molar teeth. *Eur J Paediatr Dent*. 2017;18(2):99-104.
10. Novaes TF, Matos R, Braga MM, Imparato JC, Raggio DP, Mendes FM. Performance of a pen-type laser fluorescence device and conventional methods in detecting approximal caries lesions in primary teeth--in vivo study. *Caries Res*. 2009;43(1):36-42.

11. Braga MM, Morais CC, Nakama RC, Leamari VM, Siqueira WL, Mendes FM. In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108(4):e35-41.
12. Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B. Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res.* 1998;32(3):204-9.
13. Ratledge DK, Kidd EA, Beighton D. A clinical and microbiological study of approximal carious lesions. Part 1: the relationship between cavitation, radiographic lesion depth, the site-specific gingival index and the level of infection of the dentine. *Caries Res.* 2001; 35(1):3-7.
14. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, et al. The International Caries Detection and Assessment System (ICDAS): an integrated system for measuring dental caries. *Community Dent Oral Epidemiol.* 2007;35(3):170-8.
15. Shivakumar K, Prasad S, Chandu G. International Caries Detection and Assessment System: A new paradigm in detection of dental caries. *J Conserv Dent.* 2009;12(1):10-6.
16. Ismail AI, Sohn W, Tellez M, Willem JM, Betz J, Lepkowski J. Risk indicators for dental caries using the International Caries Detection and Assessment System (ICDAS). *Community Dent Oral Epidemiol.* 2008;36(1):55-68.
17. Williamson G. F. (2006). Intraoral radiography: Positioning and radiation protection. *RDH.* 2016;26(12):23.
18. Mejäre I, Källest l C, Stenlund H. Incidence and progression of approximal caries from 11 to 22 years of age in Sweden: A prospective radiographic study. *Caries Res.* 1999;33(2):93-100.
19. Pitts NB, Ismail AI, Martignon S, Ekstrand K, Douglas GV, Longbottom C. ICCMST<sup>TM</sup> Guide for Practitioners and Educators. 2014.  
<https://www.iccms-web.com/uploads/asset/59284654c0a6f822230100.pdf>
20. Hall A, Girkin JM. A review of potential new diagnostic modalities for caries lesions. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C89-94.
21. Jurvelin J.S. Radiologisen kuvantamisen fysiikka ja tekniikka sekä varjoaineet, 1. painos. WSOY;2005.

22. Stuebel H. (1911). The fluorescence of animal tissues by irradiation with ultraviolet light. *Arch Ges Physiol.* 1911;142:1-14
23. VistaCam iX HD Installation and Operating Instructions. Dürr Dental. Saatavilla: <https://www.duerrdental.com/en/products/imaging/vistacam-intraoral-camera-systems/vistacam-ix-hd/>
24. Guerra F, Mazur M, Rinaldo F, Corridore D, Salvi D, Pasqualotto D, Ottolenghi L. New diagnostic technology and hidden pits and fissures caries. *Senses Sci.* 2015;2(1):20-23.
25. Jablonski-momeni A, Liebegall F, Stoll R, Heinzl-gutenbrunner M, Pieper K. Performance of a new fluorescence camera for detection of occlusal caries in vitro. *Lasers Med Sci.* 2013;28(1):101-9.
26. Jablonski-momeni A, Stucke J, Steinberg T, Heinzl-gutenbrunner M. Use of ICDAS-II, Fluorescence-Based Methods, and Radiography in Detection and Treatment Decision of Occlusal Caries Lesions: An In Vitro Study. *Int J Dent.* 2012;371595:1-8.
27. Shakibaie F, Walsh LJ. Effect of oral fluids on dental caries detection by the VistaCam. *Clin Exp Dent Res.* 2015;1(2):74-79.
28. Bader JD, Shugars DA. A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc.* 2004;135(10):1413-26.
29. Twetman S, Axelsson S, Dahlén G, et al. Adjunct methods for caries detection: a systematic review of literature. *Acta Odontol Scand.* 2013;71(3-4):388-97.
30. Menem R, Barnkgel I, Beiruti N, Al haffar I, Joury E. The diagnostic accuracy of a laser fluorescence device and digital radiography in detecting approximal caries lesions in posterior permanent teeth: an in vivo study. *Lasers Med Sci.* 2017;32(3):621-628.
31. Söchtig F, Hickel R, Kühnisch J. Caries detection and diagnostics with near-infrared light transillumination: clinical experiences. *Quintessence Int.* 2014;45(6):531-8
32. Pretty IA, Maupomé G. A closer look at diagnosis in clinical dental practice: part 5. Emerging technologies for caries detection and diagnosis. *J Can Dent Assoc.* 2004;70(8):540, 540a-540i.
33. Young DA, Featherstone JD. Digital imaging fiber-optic trans-illumination, F-speed radiographic film and depth of approximal lesions. *J Am Dent Assoc.* 2005;136(12):1682-7.

34. Kühnisch J, Söchtig F, Pitchika V, et al. In vivo validation of near-infrared light transillumination for interproximal dentin caries detection. *Clin Oral Investig.* 2016;20(4):821-9.
35. DIAGNOcam 2170 käyttöohje. KaVo. Saatavilla:  
[http://www.hammastuote.fi/sites/default/files/attachments/diagnocam\\_kavokerr\\_20140422\\_08\\_fi.pdf](http://www.hammastuote.fi/sites/default/files/attachments/diagnocam_kavokerr_20140422_08_fi.pdf)
36. Laitala ML, Piipari L, Sämpi N, et al. Validity of Digital Imaging of Fiber-Optic Transillumination in Caries Detection on Proximal Tooth Surfaces. *Int J Dent.* 2017;2017:8289636.
37. Lara-capi C, Cagetti MG, Lingström P, et al. Digital transillumination in caries detection versus radiographic and clinical methods: an in-vivo study. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46(4):20160417.
38. Abdelaziz M, Krejci I, Perneger T, Feilzer A, Vazquez L. Near infrared transillumination compared with radiography to detect and monitor proximal caries: A clinical retrospective study. *J Dent.* 2018;70:40-45.
39. Elhennawy K, Askar H, Jost-brinkmann PG, et al. In vitro performance of the DIAGNOcam for detecting proximal carious lesions adjacent to composite restorations. *J Dent.* 2018;72:39-43.
40. Litzenburger F, Heck K, Pitchika V, et al. Inter- and intraexaminer reliability of bitewing radiography and near-infrared light transillumination for proximal caries detection and assessment. *Dentomaxillofac Radiol.* 2018;47(3):20170292.
41. Jablonski-Momeni A, Jablonski B, Lippe N. Clinical performance of the near-infrared imaging system VistaCam iX Proxi for detection of approximal enamel lesions. *BDJ Open.* 2017;3:17012.
42. Rytömaa I, Järvinen V, Järvinen J. Variation in caries recording and restorative treatment plan among university teachers. *Community Dentistry and Oral Epidemiology.* 1979;7(6): 335-339.
43. Ekstrand KR, Martignon S, Ricketts DJ, Qvist V. Detection and activity assessment of primary coronal caries lesions: a methodologic study. *Oper Dent.* 2007;32(3):225-35.
44. Ekstrand KR, Luna LE, Promisiero L, et al. The reliability and accuracy of two methods for proximal caries detection and depth on directly visible proximal surfaces: an in vitro study. *Caries Res.* 2011;45(2):93-9.

45. Mitropoulos P, Rahiotis C, Stamatakis H, Kakaboura A. Diagnostic performance of the visual caries classification system ICDAS II versus radiography and micro-computed tomography for proximal caries detection: an in vitro study. *J Dent*. 2010;38(11):859-67.
46. Diniz MB, Rodrigues JA, Hug I, Cordeiro Rde C, Lussi A. Reproducibility and accuracy of the ICDAS-II for occlusal caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol*. 2009;37(5):399-404.